

Estrategias de riego por goteo superficial y subterráneo para incrementar la eficiencia en el uso del agua de los cítricos

Debido a las crecientes limitaciones en el uso de agua en agricultura, cobra gran importancia la evaluación de la respuesta de los cítricos a diferentes estrategias y sistemas de riego. El objetivo de este estudio ha sido evaluar el rendimiento de la clementina "Arrufatina" en respuesta a diversos sistemas de riego superficial (G) y subterráneo (GS) con 7 (G₇, GS₇) y 14 emisores (G₁₄, GS₁₄) por planta dispuestos en doble línea, así como un tercer tratamiento subterráneo (GS_A), idéntico a GS₇ pero equipado con una línea adicional subterránea dispuesta entre filas de árboles. El efecto de los tratamientos se evaluó en términos de producción, calidad de la fruta, eficiencia del uso del agua (EUA) y ahorro de agua. Los resultados muestran que, en promedio de los tres años de estudio, el ahorro de agua con el sistema GS puede llegar a ser del 23% en comparación con G, sin mermas en la producción ni en la calidad de la fruta, incrementando por lo tanto la EUA. El sistema GS_A fue el tratamiento que empleó menor volumen de agua de riego y obtuvo mayor rendimiento productivo en comparación con G₇, alcanzado ahorros de agua entre el 22,4 y el 27,9%. Estos resultados demuestran las posibilidades que ofrece el riego subterráneo para optimizar el gasto hídrico en la citricultura.

PALABRAS CLAVE: ahorro de agua; cítricos, estado hídrico de la planta, calidad de la fruta.

Abstract

Assessment of crop citrus responses to different irrigation systems and strategies has become essential due to the increasing water limitations that agriculture is currently facing. The main objective of this study was to assess the performance of "Arrufatina" mandarin trees under a surface (G) and subsurface drip irrigation (GS) with 7 (G₇, GS₇) or 14 emitters (G₁₄, GS₁₄) per plant located in a double irrigation line, as well as a third SS treatment (GS_A), identical to GS₇ but equipped with an additional drip line buried between the tree rows. Evaluations were made in terms of yield, fruit composition, water use efficiency (EUA) and water savings. Results showed that, on average, water savings were 23,0% in the GS treatment compared to the G treatment without significant differences in either yield or fruit composition, thus increasing EUA. GS_A was the treatment with the lowest irrigation volumes and the highest yield and compared to G₇ allowed, over the three years, water savings in the range between 22,4 and 27,9%. Results from this study illustrate that there is opportunity to substantially optimize water use in citrus cultivation with sub-surface irrigation system.

KEY WORDS: water saving, citrus, plant water status, fruit quality.

M.A. Martínez-Gimeno^{1*}, L. Bonet², G. Provenzano³, E. Badal², P. A. Nortes¹, D.S. Intrigliolo^{1,2}, C. Ballester⁴

¹ Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS), Murcia, España.

² Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Unidad Asociada al CSIC "Riego en la agricultura mediterránea" Valencia, España.

³ Departamento de Agricultura, Alimentos y Ciencias Forestales, Universidad de Palermo (UNIPA), Palermo, Italia.

⁴ Centro de Futuros Regionales y Rurales (CeRRF), Universidad de Deakin, Griffith, NSW, Australia.

* magimeno@cebas.csic.es

INTRODUCCIÓN

En la última década España se ha posicionado como uno de los países con mayor producción citrícola en Europa, con una producción anual que supera los 5 millones toneladas. A nivel nacional, la principal región

productora es la Comunidad Valenciana con cerca de 3 millones de toneladas al año, equivalente al 60% del total estatal (<http://gipcitricos.ivia.es/citriculturavalenciana>). Los cítricos, que se cultivan en regiones semiáridas como es el arco mediterráneo, tienen importantes

requerimientos hídricos. Debido a las escasas precipitaciones en los meses de mayores necesidades de riego, cada día es mayor el interés por buscar estrategias de riego que permitan ahorrar agua y mejorar la sostenibilidad de la citricultura.

En comparación con otros sistemas, el riego por goteo (G) permite aplicar pequeños volúmenes de agua de forma frecuente, minimizando las pérdidas de agua por percolación profunda y escorrentía, siempre y cuando la programación del riego se lleve a cabo adecuadamente. Durante las últimas décadas, ha aumentado el interés en el uso del riego por goteo subterráneo (GS) para cultivos leñosos perennes. Estudios previos sugieren que el GS es una estrategia prometedora para una gestión sostenible del agua ya que permite, entre otras, minimizar la pérdida de agua por evaporación de la superficie del suelo aumentando el agua disponible en la zona donde se desarrollan las raíces (Bacab *et al.*, 2007). Además se ha demostrado que, en comparación con el riego por goteo superficial, la aplicación de agua bajo la superficie del suelo mantiene más constantes los niveles de humedad sin comprometer el rendimiento, lo que aumenta la eficiencia del uso del agua, EUA (Consoli *et al.*, 2014; Robles *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2017).

En los sistemas de riego por goteo, la cantidad de emisores por planta determina el número y las dimensiones de los bulbos húmedos, es decir, la morfología de los volúmenes de suelo donde se concentran principalmente las raíces. Las condiciones de crecimiento de la raíz dentro de los bulbos húmedos se consideran cercanas al óptimo, ya que la planta puede disponer fácilmente del agua y de los nutrientes disueltos.

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar diferentes sistemas de riego en una parcela comercial de clementinas de la variedad "Arrufatina", teniendo en cuenta el estado hídrico de la planta, la producción y la calidad de la fruta, y la eficiencia del uso del agua. Se realiza una comparativa entre sistemas de riego superficial y subterráneo, dotados con 7 y 14 emisores por planta, incluyendo la variante de un tratamiento de riego subterráneo con una línea subterránea adicional situada entre las filas de árboles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental y tratamientos de riego

El estudio se realizó durante 2014, 2015 y 2016 en una parcela comercial de cítricos ubicada en Alberic (39° 7' 31.33" N, 0° 33' 17.06" W) Valencia, de "Clementina Arrufatina" (*Citrus clementina*, Hort. ex Tan) injertada sobre el patrón Citrange Carrizo (*Citrus sinensis*, Osb. x *Poncirus trifoliata*, Raf.). Los árboles se plantaron al marco de 5,5 m x 4,25 m. Cuando el experimento comenzó, el área sombreada era del $34,9 \pm 4,1\%$. La clase textural del suelo varía entre franca y franca arcillo arenosa con porcentajes de arena, limo y arcilla entre 34,4 - 51,6%, 22,6 - 38,4% y 21,8 - 33,8%, respectivamente. El agua de riego empleada tenía una conductividad eléctrica media de $1,33 \text{ dSm}^{-1}$ y un pH de 7,9 a 25 °C. El sistema de riego se instaló al inicio del ensayo en 2014. Las líneas de goteo se dispusieron en doble línea paralela a los troncos de los árboles y distanciadas unos 50 cm del tronco en superficie y a 0,30 m de profundidad para los tratamientos G y GS respectivamente.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones de cada uno de los cinco tratamientos. Cada unidad experimental estaba formada por cuatro filas de 6 - 7 árboles quedando los perimetrales reservados como guardas. Dos tratamientos G y dos GS fueron equipados con 7 (G₇ y GS₇) o 14 (G₁₄ y GS₁₄) emisores por planta ($2,2 \text{ l h}^{-1}$ AZUD Premier PC AS (Azud, Alcantarilla, Murcia, España)) separados 1,2 y 0,6 m respectivamente. El quinto tratamiento, GS_A, era análogo al GS₇, incluyendo una línea de goteo adicional entre filas de árboles, por lo que disponía de 10 - 11 emisores por planta.

El riego se programó en base al cálculo de la evapotranspiración (ET_c) estimada mediante el método del coeficiente de cultivo único y la evapotranspiración de referencia (ET_0) calculada mediante la ecuación de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998).

La ET_c era a su vez ajustada teniendo en cuenta el nivel de humedad de suelo, determinaciones de potencial en tallo (Ψ_{tallo}) y la previsión meteorológica (temperatura, velocidad del viento y precipitación). Los tratamientos superficiales se regaron sin restricciones al 100% de la ET_c . A los tratamientos subterráneos se les aplicó una reducción del 15-20% de la ET_c por considerarse este valor el equivalente a la evaporación de agua del suelo en un riego por goteo superficial.

Determinaciones del estado hídrico del cultivo

El Ψ_{tallo} se midió con una cámara de presión (Modelo 600, PMS Instrument Co., USA) en seis árboles por tratamiento (dos árboles por cada unidad experimental). Las determinaciones se realizaron al mediodía solar semanalmente durante los meses más calurosos y con una menor frecuencia el resto del año. En cada árbol, las determinaciones se realizaron en dos hojas previamente cubiertas, al menos una hora antes de la medida, con bolsas de plástico aluminizado.

Producción y calidad de la fruta. Eficiencia del uso del agua

La producción (P), el número de frutos por árbol (NF) y el peso fresco medio de la fruta (PF) se determinó en el momento de la recolección. La EUA se calculó como el cociente entre la producción del cultivo y volumen de agua de riego aplicado. La calidad de la fruta se midió también en el momento de la cosecha. Se recolectaron al azar 25 frutos por unidad experimental (tres muestras independientes por tratamiento). Las variables de calidad analizadas fueron acidez titulable (AT), sólidos solubles totales (SST) e índice de madurez (IM).

Análisis estadístico

El tratamiento de datos se llevó a cabo mediante el análisis de la varianza (ANOVA) utilizando el programa Statgraphics X64. En el caso de encontrar diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$), se compararon las medias mediante el test de

Mínima Diferencia Significativa (LSD) de Fisher con un nivel de probabilidad de $P < 0,05$. Las relaciones entre la producción y los volúmenes de riego aplicados cada campaña también fueron analizadas con estas técnicas.

Resultados

Datos climáticos y volúmenes de riego

La precipitación media y la ET_0 registradas durante las tres campañas de estudio fueron 212, 502, 248 mm y 1083, 1041, 1061 mm en 2014, 2015, 2016, respectivamente. Los volúmenes de riego medios de todos los tratamientos fueron 389,4, 265,4 y 357,6 mm en 2014, 2015 y 2016, respectivamente. Las diferencias entre el tratamiento G_7 , considerado como control, y el resto aparecen expresadas en porcentaje en la **Tabla 1** como D_c . El ahorro medio de agua alcanzado por los tratamientos GS respecto de los tratamientos G es del 21,8, 24,7 y 22,4% en 2014, 2015 y 2016, respectivamente.

Estado hídrico de los árboles

Los patrones temporales de Ψ_{tallo} de todos los tratamientos medidos durante 2014, 2015 y 2016 se muestran en la **Figura 1**, en los que se indican los valores umbrales por debajo de los cuales se considera que los árboles pueden padecer cierto estrés hídrico. Se ha establecido un valor máximo de -0,9 MPa para el período entre enero y mayo, y de -1,1 MPa desde junio hasta la recolección. Como se puede observar, las medidas de potencial estaban por encima de los límites establecidos la mayor parte del tiempo, excepto durante primavera y verano, cuando los valores mostraban períodos puntuales de estrés. La tendencia es similar en todos los tratamientos, aunque los tratamientos GS estuvieron algo más estresados que los G. Ello indica que la evaporación de agua desde el suelo en huerto de cítricos como el aquí descrito será algo menor que la reducción en el riego aplicada en el GS. Podríamos especular que la evaporación de agua desde el suelo puede situarse en torno al 20% del total del consumo de agua de la plantación (evapotranspiración).

Respuestas de la calidad de la producción y de la fruta. EUA

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos respecto al número de frutos por árbol. Únicamente en 2015, el NF fue estadísticamente significativo menor en GS_7 , respecto de G_{14} y GS_A . Las variaciones registradas de PF son más heterogéneas respecto a los tratamientos. Es importante destacar que en el último año de estudio, GS_A fue el tratamiento con mayor PF con diferencias significativas respecto a G_7 , GS_7 y GS_{14} . A pesar de estas variaciones respecto al PF, no se observaron diferencias significativas a nivel de producción durante 2014 y 2016. Solamente en 2015, en el que la producción fue en general inferior que en los otros años, los diferentes tratamientos produjeron un cierto efecto sobre el rendimiento del cultivo.

La mayor EUA se obtuvo en los tratamientos GS (**Tabla 1**), siendo el incremento registrado respecto de G de 16,5, 22,9 y 34,3 % en 2014, 2015 y 2016, respectivamente. La máxima EUA media, 8,89 kg m⁻³, se logró con el tratamiento GS_A .

Tabla 1. Altura de agua de riego aportada (R) y sus correspondientes porcentajes al comparar con el tratamiento G_7 (D_c), producción anual (P), número de frutos por árbol (NF), peso fresco medio de la fruta (PF) y eficiencia del uso del agua (EUA) obtenidos en cada uno de los tratamientos durante los tres años de estudio.

Tratamiento	R [mm]	D_c [%]	P [kg árbol ⁻¹]	NF [-]	PF [g]	EUA [kg m ⁻³]
2014						
G_7	451,0 ± 95,4 a ¹	100,0	66,9 ± 24,3 a	636 ± 250,5 a	105,9 ± 7,6 bc	6,3 ± 0,6 a
G_{14}	445,1 ± 28,0 a	98,7	70,2 ± 20,5 a	656 ± 209,2 a	108,4 ± 6,0 c	6,8 ± 1,2 a
GS_7	367,0 ± 37,4 ab	81,4	60,3 ± 24,2 a	592 ± 250,2 a	102,6 ± 7,0 ab	7,0 ± 1,1 a
GS_{14}	348,7 ± 22,9 b	77,3	59,4 ± 21,1 a	588 ± 221,8 a	101,5 ± 8,5 a	7,3 ± 1,5 a
GS_A	335,1 ± 5,9 b	74,3	67,3 ± 24,1 a	668 ± 253,2 a	101,7 ± 4,8 a	8,6 ± 2,7 a
2015						
G_7	316,6 ± 69,1 a	100,0	43,1 ± 24,8 ab	423 ± 246,2 ab	102,6 ± 10,0 a	5,8 ± 2,2 a
G_{14}	306,7 ± 19,4 ab	96,9	50,2 ± 15,8 a	487 ± 158,1 a	103,4 ± 5,5 a	7,0 ± 0,9 a
GS_7	245,7 ± 10,4 bc	77,6	36,2 ± 24,0 b	351 ± 241,8 b	102,9 ± 8,2 a	6,3 ± 3,7 a
GS_{14}	229,7 ± 12,6 c	72,6	43,9 ± 25,6 ab	415 ± 143,9 ab	106,2 ± 7,4 a	8,2 ± 2,1 a
GS_A	228,2 ± 7,0 c	72,1	48,4 ± 21,1 a	466 ± 212,5 a	105,0 ± 8,2 a	9,1 ± 3,4 a
2016						
G_7	428,5 ± 48,7 a	100,0	72,1 ± 19,8 a	759 ± 254,3 a	96,9 ± 8,4 ab	7,2 ± 1,2 a
G_{14}	411,1 ± 28,0 a	95,9	61,7 ± 21,0 a	618 ± 230,8 a	103,2 ± 15,2 bc	6,4 ± 1,2 a
GS_7	331,6 ± 29,1 b	77,4	72,0 ± 24,8 a	773 ± 359,9 a	97,6 ± 13,0 ab	9,3 ± 2,0 a
GS_{14}	313,7 ± 17,5 b	73,2	66,8 ± 26,5 a	724 ± 327,9 a	95,5 ± 9,6 ab	9,1 ± 2,5 a
GS_A	332,6 ± 14,3 b	77,6	69,9 ± 20,0 a	673 ± 227,0 a	106,4 ± 10,7 c	9,0 ± 1,0 a

¹ Dentro de cada año, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con una $P < 0,05$.



Foto 1.
Detalle de las zanjas realizadas para la instalación del riego subterráneo. Se llevaron a cabo en todos los tratamientos (incluyendo los superficiales) para homogeneizar los posibles efectos adversos relacionados con la alteración de los bulbos radicales.



Foto 2. Fase inicial de la instalación de los diferentes laterales de goteo y conexión con los contadores que registraban los volúmenes de riego individualizados para cada una de las unidades de riego.



- G₇: Riego superficial (7 emisores por árbol)
- G₁₄: Riego superficial (14 emisores por árbol)
- GS₇: Riego subterráneo (7 emisores por árbol)
- GS₁₄: Riego subterráneo (14 emisores por árbol)
- GS_A: Riego subterráneo (10-11 emisores por árbol)

Foto 3.

Esquema del diseño experimental que muestra la distribución de los tratamientos en la parcela los árboles muestreados (en color). "G" y "GS" se refieren a riego por goteo superficial y subterráneo respectivamente. Los subíndices indican la cantidad de emisores utilizados por árbol. "GS_A" indica el tratamiento con un lateral de riego adicional entre filas de árboles.

Actium®

¡Activador del color!



- Uniformiza y mejora el color de los frutos.
- Adelanta y concentra la producción.
- Acción fisiológica y no hormonal.
- No acorta la vida útil de los frutos.



agrotecnología.net

agrotecnología
naturally efficient

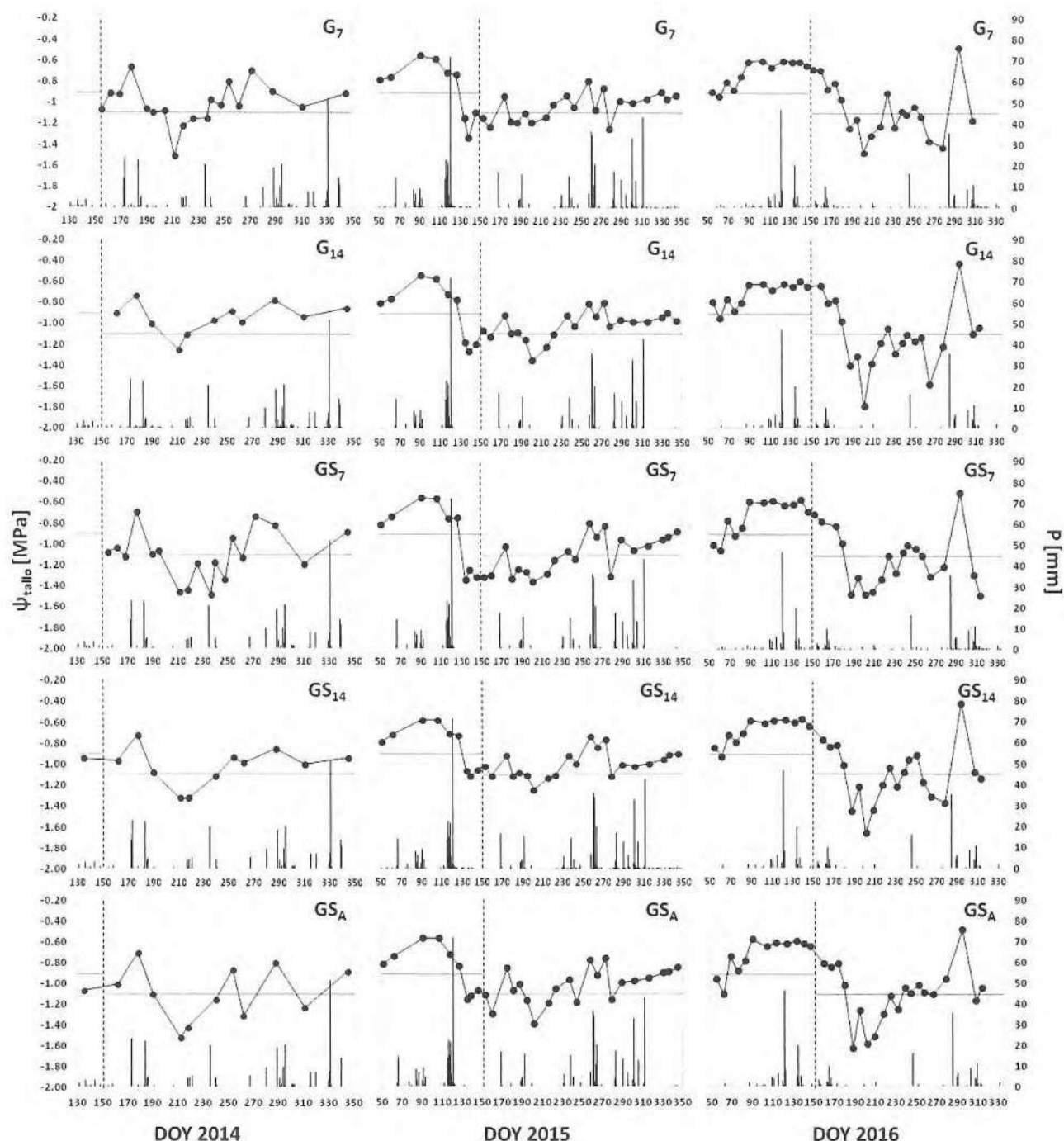


Figura 1. Patrones temporales de potencial en tallo (Ψ_{tallo}) y precipitación (P ; barras verticales) en cada uno de los tratamientos durante 2014, 2015 y 2016. Las líneas horizontales de puntos muestran los umbrales de Ψ_{tallo} utilizados para evaluar el estado hídrico de la planta antes (-0.9MPa) y después (-1.1MPa) de junio (día del año, DOY 150). "G" y "GS" significan riego por goteo superficial y subterráneo, respectivamente. Los subíndices indican el número de emisores por planta. "GS_A" se emplea para designar el tratamiento con la línea de gotero adicional entre filas de árboles.

El sistema de riego (G o GS) y el número de emisores utilizados por árbol tuvo un efecto significativo sobre los parámetros de calidad de la fruta (**Tabla 2**). En 2014 y 2016, GS₇ fue el tratamiento con los valores más altos de SST e IM en contraste con el tratamiento G₁₄, que registró el menor

valor. En 2015, fue nuevamente el tratamiento G₁₄ el que tuvo menor IM.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A la luz de los resultados presentados, se puede afirmar que los sistemas de riego subterráneo estudiados

permiten alcanzar un ahorro de agua medio del 23% en comparación con los tratamientos superficiales sin mermas en la producción ni en la calidad de la fruta. Puesto que se han obtenido prácticamente la misma respuesta productiva aplicando diferentes volúmenes de agua, se podría presumir

que el ahorro de agua en los tratamientos GS está relacionado con la supresión de la componente evaporativa del riego. Estos resultados concuerdan con estudios previos como el desarrollado por Ruiz-Rodríguez *et al.* (2017), en el que estimaba que el agua evaporada en sistemas de riego por goteo superficial podría alcanzar valores entorno al 20% en plantaciones de cítricos de similares características (área sombreada 30 - 40%). Aunque no se han encontrado diferencias significativas, los tratamientos GS en promedio tiene un valor de EUA del 19,5% más que los G considerando los tres años de estudio.

Los diferentes volúmenes de suelo mojado conseguidos con los tratamientos de 14 y 11 emisores por planta en comparación con los que han empleado únicamente 7, han permitido incrementar la EUA.

Concretamente, el tratamiento con la línea adicional, GS_A, es el que mejores resultados en términos de EUA ha obtenido. De hecho, este tratamiento se diseñó suponiendo que las líneas de goteo adicionales entre las filas de árboles podrían promover el desarrollo del sistema radicular, facilitando así la absorción de agua después del riego o un evento de lluvia. A pesar de no haberse podido evaluar el crecimiento de las raíces, los resultados obtenidos sugieren que la línea de goteo adicional mejora el rendimiento de los árboles. Además en los tratamientos GS₁₄ y GS_A se ha registrado un mejor estado hídrico de la planta.

Este estudio demuestra que se pueden alcanzar importantes ahorros de agua modificando el sistema tradicional de riego por goteo empleado en las producciones de cítricos. Situando el sistema de riego bajo la superficie del suelo, los volúmenes de riego se pueden reducir más del 20%, alcanzando valores del 25% si se añade una línea adicional entre filas de árboles, y todo ello, sin mermas en la producción ni en la calidad de la fruta. En un futuro será necesario abordar nuevos estudios encaminados a optimizar el diseño agronómico del riego por goteo de los cítricos. Muchos citricultores, en los años más secos, se quejan de que el calibre de los frutos

Tabla 2. Sólidos soluble totales (SST), acidez titulable (AT) e índice de madurez (IM=SST/AT) determinados tras la cosecha en cada campaña experimental.

Tratamiento	SST [°Brix]	AT [g l ⁻¹]	MI [-]
2014			
G ₇	11,5 ± 0,2 ab ¹	6,4 ± 0,3 a	18,0 ± 1,1 a
G ₁₄	11,3 ± 0,2 a	6,3 ± 0,2 ab	17,9 ± 0,6 a
GS ₇	11,9 ± 0,3 b	6,0 ± 0,4 b	19,8 ± 1,2 b
GS ₁₄	11,8 ± 0,3 b	6,4 ± 0,2 ab	18,6 ± 0,5 a
GS _A	11,6 ± 0,5 ab	6,2 ± 0,3 ab	18,8 ± 0, ab
2015			
G ₇	10,2 ± 0,2 bc	8,1 ± 0,4 a	12,7 ± 0,6 ab
G ₁₄	9,9 ± 0,3 a	8,2 ± 0,4 a	12,1 ± 0,7 a
GS ₇	10,3 ± 0,3 c	8,1 ± 0,4 a	12,8 ± 0,6 bc
GS ₁₄	10,0 ± 0,2 abc	7,5 ± 0,2 b	13,3 ± 0,4 c
GS _A	10,0 ± 0,3 ab	7,5 ± 0,3 b	13,3 ± 0,7 c
2016			
G ₇	12,0 ± 0,6 ab	6,8 ± 0,3 ab	17,7 ± 1,3 ab
G ₁₄	12,3 ± 0,6 ab	7,0 ± 0,4 ab	17,5 ± 1,1 a
GS ₇	12,3 ± 0,3 bc	6,6 ± 0,7 ab	18,9 ± 2,4 b
GS ₁₄	12,8 ± 0,3 c	7,2 ± 0,5 b	17,9 ± 0,7 ab
GS _A	11,8 ± 0,4 a	6,7 ± 0,4 a	17,6 ± 0,9 a

¹ Dentro de cada año, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con una $P < 0,05$.

no es el adecuado a pesar de que disponen riego por goteo y no tienen en ocasiones limitaciones en el uso del riego. Todo ello hace pensar que ante los nuevos contextos derivados del cambio climático con olas de calor cada vez más frecuentes, es necesario optimizar el volumen de suelo mojado para garantizar un estado hídrico adecuado del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto europeo WEAM4i (Water & Energy Advanced Management for Irrigation), acuerdo de subvención 619061, y por los proyectos FEDER-MINECO EASYRIEGO (IPT-2012-0950-310000), RISUB (IPT-2012-0480-310000), RIEGOTEL (RTC-2016-4972-2) y CPLAST (RTC-2015-3321-2). M.A. Martínez-Gimeno agradece el apoyo recibido mediante la beca de Formación Profesorado Universitario (FPU) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD). Los autores agradecen la ayuda prestada en la instalación y el mantenimiento de los equipos a C. Albert, A. Esteban, J. Castel, F. Sanz and A. Yeves.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56, vol. 300 FAO, Rome, D05109 9.
- Bacab U.C., Oliver A.Q., Alcántara B.M., Montaña C., Paredes F.L. 2007. Reducción del aporte hídrico a los cítricos con el riego deficitario y la pluviometría en riego superficial y subterráneo. *Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos*, (387), 301-310.
- Consoli S., Stagno F., Varella D., Boaga J., Cassiani G., Roccuzzo G. 2017. Partial root-zone drying irrigation in orange orchards: effects on water use and crop production characteristics. *Eur. J. Agron.* 82, 190-202.
- Robles J.M., Botía P., Pérez-Pérez J.G. 2016. Subsurface drip irrigation affects trunk diameter fluctuations in lemon trees, in comparison with surface drip irrigation. *Agr. Water Manage.* 165, 11-21.
- Zhang H., Wang D., Ayars J.E., Phene C.J. 2017. Biophysical response of young pomegranate trees to surface and sub-surface drip irrigation and deficit irrigation. *Irrig. Sci.* 35 (5), 425-435.
- <http://gipcitrinos.ivia.es/citricultura-valenciana> (Acceso: 12 junio 2018)